

GUÍA PARA EL ESTUDIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

I

En la apreciación de una doctrina cada cual crea su método, y muchos encuentran hasta conveniente no seguir ninguno, acumulando lecturas aquí y allá y dejando que cierto automatismo mental realice la tarea de clarificar esa agua turbia. No es necesario recordar cómo frente al optimismo cartesiano, que hace depender tanto del método, se opone una concepción bien distinta: el pensamiento es una función esencialmente individual en que interviene el organismo entero. Aquello que es patrimonio de todos — por ejemplo, el sentido común — es apenas un factor dentro de una variedad infinita: ¿cómo es posible, pues, orientar al pensamiento, función complexa, teniendo en cuenta uno solo de los valores en juego?

Como quiera que sea, acaso pueda seguirse con ventaja un camino más bien que otros (por lo menos si se atiende a la economía del esfuerzo) cuando se está, como en el caso que nos ocupa, frente a una teoría nueva, de consecuencias importantes, y por lo mismo resistida por muchos. Y aun en el supuesto de que el que leyere estas consideraciones prefiriera seguir su dirección propia, recuerde que hemos llamado a este breve ensayo guía y no método.

II

Empezaremos con el material bibliográfico.

Para una primera orientación convendrá recurrir a alguna de

esas obras de conjunto « puestas al alcance de todos » (1); por ejemplo, la que ha escrito Einstein (2), y que trata en síntesis de toda la teoría.

¿ Pero basta esto ? Indudablemente no, y el que ha terminado la lectura de esos compendios juzga por la poca utilidad que de ellos obtiene que no es por ese camino cómo llegará a concepciones definitivas. Un resumen es una síntesis y ésta es claramente percibida sólo si se cumple la condición de que un análisis previo nos haya hecho ver el significado y valor de las partes. Por lo demás, una síntesis puede hacerse en uno de estos sentidos principales : o se indica sin más las conclusiones (en cuyo caso éstas aparecen sin coordinación y sin fundamentos, es decir, como un simple catálogo), o se quiere expresar la línea del razonamiento, cosa que se consigue siempre en perjuicio de la claridad, del rigor y de la seriedad misma de la ciencia, pues no es actitud científica suprimir las dificultades, no definir los términos, substituir razones válidas por otras que no lo son y acaso por una imagen...

Pero hay algo más : la relatividad es doctrina particularmente reacia a toda explicación sumaria : 1° Porque su base empírica es grande : los fenómenos de la luz, de la electricidad, de la gravitación, etc., interpretados en nociones complexas (espacio, tiempo, masa, energía, etc.) y coordinados entre sí en hechos recientes, de difícil comprobación, o en doctrinas, como la del éter, que ya son en sí poco susceptibles de una expresión sintética ; 2° Porque su desarrollo es esencialmente matemático, y por eso no siempre la fórmula algébrica corresponde — dada

(1) Es frase agregada por Einstein al título de su obrita *La théorie de la relativité restreinte et généralisée*, traducción de Mlle. J. Rouvière, París, 1921.

No sé si es algo optimista en tal sentido, pero es indudable que el filósofo que la lea, como obra única de información, formulará preguntas a cada instante, pues bajo una indiscutible claridad expositiva se ve, no tanto la solución de los problemas, como sus dificultades...

La obra es muy metódica. Sin embargo, en la página 38, al hablar de la energía cinética, se nota una brusca solución de continuidad en la línea demostrativa, cosa que después se va repitiendo a menudo.

(2) Al lado de la obrita de Einstein, que es sin duda alguna la mejor, puede citarse :

LUCIEN FABRE, *Les théories d'Einstein*, París, 1921, exposición graduada,

nuestra estructura sensorial o mental — a intuiciones efectivas, mientras en otras teorías la expresión matemática sigue y expresa la intuición como, por ejemplo, en la concepción mecanicista de Newton y Galileo. Así, en la teoría de la relatividad, el concepto es la fórmula, y suprimida ésta (cosa que no puede menos que ocurrir en un compendio) no se encuentra a mano una intuición que la substituya.

Las obras fundamentales están erizadas de dificultades (1). No basta para leerlas un caudal matemático medio, ni siquiera lo que se llama el conjunto clásico de las matemáticas. Disciplinas aún no definitivas ni condensadas en obras de conjunto, y

amena, en parte completa, muy clara y útil, pero indiscutiblemente tendenciosa.

M. SCHLICK, *Teoría de la relatividad*, traductor Morente, editor Calpe.

FREUNDLICH, *Los fundamentos de la teoría de la gravitación de Einstein*, traductor Plans y Freyre, editor Calpe.

JOSÉ UBACH, *La teoría de la relatividad en la física moderna*, Buenos Aires, 1920, obra útil por su claridad y preocupación crítica.

Además, puede leerse algunas de las conferencias al respecto dadas en Buenos Aires y que fueron publicadas en revistas científicas o filosóficas, especialmente :

JORGE DUCLOUT, *Materia-energía, relatividad*, publicada en la *Revista del Centro de estudiantes de ingeniería*, año XXI, número 219, Buenos Aires, 1920.

BLAS CABRERA, RICARDO GANS, *Conferencias dadas en la Sociedad científica argentina*.

BLAS CABRERA, *Las fronteras del conocimiento en la filosofía natural*, en *Verbum*, agosto-septiembre de 1920.

El resumen de Bolton, premiado en concurso público, y cuya traducción ha aparecido en la *Revista de filosofía* dirigida por Ingenieros y en el *Monitor de la educación común*, no nos parece útil, pues está hecho con excesivo esquematismo.

(1) He aquí algunas de las obras fundamentales :

H. A. LORENTZ, A. EINSTEIN, H. MINKOWSKI, *Das Relativitäts prinzip.*, en la colección de monografías *Fortschritte der Mathematischen Wissenschaften*, Teubner.

LAÜE, *Das Relativitäts prinzip.*, Brunswick.

WEYL, *Raum. Zeit. Materie*, Berlín.

EDDINGTON, *Space, Time and Gravitation*, Cambridge.

E. M. LÉMERAY, *Le principe de relativité*.

A. EINSTEIN et GROSSMANN, *Bases physiques d'une théorie de la gravitation*, en *Arch. des Sciences physiques et naturelles*, tomo XXXVIII, 1914.

que son materia de especialización en cursos universitarios superiores (1), ¿ cómo puede asimilarlas el profano ?

Y sin embargo estas obras son útiles aun para el que no es especialista. Una página entendida en ellas es un punto definitivamente adquirido. Además, como todo razonamiento es conceptual, al plantearse los problemas aparecen los postulados fundamentales en forma precisa y clara, y puede verse, aun cuando se siga imperfectamente la demostración, cómo se combinan y armonizan.

Existe una categoría de trabajos particularmente útiles. Son aquellos que se dedican a algún punto de la teoría y que en razón de su carácter monográfico lo abordan en todos sus aspectos. Por lo general, son estudios críticos, y en el análisis de la argumentación se aprende mucho más que en las obras expositivas, hechas casi siempre, por discípulos (2).

Lectura atenta de un resumen; consulta de obras especiales monográficas; fijación de conceptos y estudio de las bases en obras fundamentales, y después un retorno al compendio, esta vez con mucho más resultado; tal es el método bibliográfico que nos permitimos sugerir al lector. En lo que sigue, procuraremos

(1) Cálculo vectorial a más de tres dimensiones; cálculo diferencial absoluto de Ricci y Levi-Civita; geometrías no euclídeas; teorías actuales (de Darboux y otros) sobre las superficies, etc., etc.

Duclout considera insuficientes estos materiales para el estudio de la relatividad: « Da la impresión de aritmética elemental aplicada a problemas de alto cálculo. » (*Op. cit.*, nota 1, pág. 24.)

Véase, además :

LAUB, *Propagación de la luz en los cuerpos en movimiento*, Buenos Aires, 1915, Coni hermanos. En esta obra hay indicaciones valiosas sobre el cálculo vectorial.

(2) L. ROUGIER, *La matière et l'énergie selon la théorie de la relativité et la théorie des quanta*, París, 1921, Gauthier-Villars; obra amplia, documentada, escrita con espíritu filosófico.

P. LANGEVIN, *Le temps, l'espace et la causalité dans la Physique moderne*, en *Bull. Soc. fr. de phil.*, tomo XII, 1912.

P. LANGEVIN, *L'énergie de l'énergie et ses conséquences*, en *Journal de physique*, julio 1913.

BRILLOUIN, *Recensión detallada sobre el libro de Laüe*, en *Bulletin des sciences mathématiques*, año 1920.

enunciar algunas de las cuestiones que indudablemente han de presentársele en su camino.

III

Ante todo, conviene atender a una especie de higiene mental: destruir donde se los encuentre los factores afectivos, realizar la pura racionalidad (1).

Toda teoría nueva es una batalla, e iluso el que crea que en ella reina soberana la razón. Existe una tonalidad afectiva aun en un sistema de ecuaciones. Una fórmula puede esgrimirse como argumento teológico y otra, quizá, con Laplace demostrará que Dios no es necesario para formar el cosmos. Y no sólo tiene fuerza en sí misma, sino que apoyada en el factor afectivo demuestra acaso la superioridad de una raza sobre otra... Que exista una república de la ciencia tal que en ella todos se despojen de una afectividad sugerida por intereses o ideas de clase (patria, raza, etc.), todos sabemos si la gran guerra lo ha demostrado... Estas reflexiones no son ociosas. El que se ocupe de Einstein verá con tristeza cómo se comprueban.

En este dominio de la afectividad cabe otra observación. Para muchos existe un verdadero deleite en ver cómo caen los sistemas, en comprobar el error sempiterno en que incurre el hombre. Al lado de estos catastrofistas ingenuos, algunos proclaman la bancarrota de la ciencia, acaso con el fin de que el hombre humillado vuelva a su redil antiguo.

Para otros, en cambio, la conservación de ciertas doctrinas o teorías — como por ejemplo, la de Newton — es algo así como una cuestión de ética, una forma del respeto.

(1) ¿Cómo puede la inteligencia substraerse al influjo de los elementos no intelectuales de la vida interior? o, lo que es lo mismo, ¿cuál es el modo de acción de esos elementos sobre la inteligencia? Pues es la ley psicológica lo que ha de ser la regla lógica. Defenderse de toda parcialidad, purificarse de todo prejuicio, evitar, como dice Descartes, «la precipitación y la prevención», no aceptar y no dar crédito sino a aquello que se presenta clara y distintamente al espíritu, es decir, realizar la autonomía de la inteligencia, tales cosas son, de seguro, condiciones del juicio verdadero. (GOBLOT, *Traité de logique*, pág. 23.)

Existe, por lo demás, tanto en un bando como en el otro, el culto al héroe, sea éste Newton o Einstein. Sobre todo en las obras de divulgación hay casi siempre, implícito, un sofisma inevitable: información tendenciosa, magnificación de los resultados (1), etc. En el estilo de tales trabajos es frecuente la adjetivación encomiástica, el transporte de admiración.

IV

Intentemos ver brevemente qué es una teoría científica y cuál es su alcance.

Toda teoría es una explicación hecha mediante un caudal limitado de experiencias. Éste aumenta constantemente, y así ocurre que una teoría satisfactoria en una época dada deja de serlo cuando algunas observaciones nuevas se agregan. La verdad de una teoría es, pues, su poder explicativo, su capacidad de coordinar el mayor número posible de hechos, es decir, algo relativo a una base empírica cada vez más vasta y a una labor de unificación mental. La afirmación de que el sistema de Copérnico es teoría verdadera por oposición al de Tolomeo, debe entenderse en el sentido de que pone en evidencia más relaciones y conduce a resultados más simples; pero, tomada en absoluto, carece de significado, pues ¿cómo podríamos tomar como definitivo y perfecto aquéllo que una nueva experiencia podrá contradecir? El hecho empírico nuevo no podrá ser negado, después que objetiva e impersonalmente se le estudia: el término sacrificado será siempre lo humano, es decir, la teoría.

Cuando se enuncian estas ideas no se hace más que obedecer a lo que muestra la historia. Las manchas del sol descubiertas por Galileo bastaron para echar por tierra la teoría de la incorruptibilidad del cielo; de igual modo, hoy, algunas observaciones espectroscópicas se invocan para cambiar el sistema del universo. Mañana, un nuevo fenómeno, es decir, una adquisición

(1) « Ellas (las teorías de la relatividad) nos han explicado todo », dice Fabre, *op. cit.*, página 214. ¿Puede conciliarse esta afirmación optimista con las dudas de todo género que versan sobre la base misma experimental de esas teorías?

científica indubitable, hará abandonar la teoría de la relatividad para dar paso a una nueva construcción más comprensiva. Existe casi una imposibilidad psicológica — ¡tanto desconfía el hombre de sí mismo! — de aceptar el establecimiento de una teoría que sea la última, la perfecta. Más natural, y esto ya es mucho, es admitir una línea progresiva, una serie ascendente e infinita en la cual no hay término final, pero en que cada uno de sus momentos vence a los anteriores (1).

Dos comprobaciones fundamentales caben para una teoría ; la una versa sobre su base empírica y la otra sobre su estructura lógica. En lo que respecta a lo segundo, la única condición requerida es que el sistema de conceptos, fórmulas y proposiciones obedezca al principio de no contradicción. En cuanto a la base empírica conviene detenerse algo.

Sé establece una diferencia entre hecho bruto y hecho científico : es indudablemente legítima. Todos recuerdan las discusiones entre Le Roy y Poincaré. El sabio crea el hecho científico — decía Le Roy, — es decir, la ciencia no es más que una regla de acción, un valor exclusivamente humano. Poincaré redargüía : entre el hecho científico y el hecho bruto (el cual nadie afirmará que es creado por el hombre) no existe diferencia esencial ; en uno y otro la comprobación final por los sentidos es absolutamente necesaria, sólo que el hecho científico implica un sistema más complejo y útil de lenguaje, postulados y convenciones. Lo que identifica al uno y al otro es un fundamento, la sensación ; lo que los hace diversos es la mayor o menor intervención de la mente.

Esta distinción debe ser muy tenida en cuenta cuando se trata de apreciar esos *experimenta crucis* que deciden de una teoría.

(1) Análogamente a lo que dice Poincaré : « Los sabios jamás han desconocido esta verdad ; solamente que creen, con razón o sin ella, que toda ley podrá ser substituída por otra más aproximada y más probable, y que esta ley nueva tampoco será más que provisional ; pero que el mismo movimiento podrá continuar indefinidamente, de suerte que, progresando la ciencia, poseerá leyes cada vez más probables, que la aproximación acabará por diferir tan poco como se quiera de la exactitud y la probabilidad de la certidumbre. » (*El valor de la ciencia*, trad. González Llana, Madrid, 1906.)

Consideremos un ejemplo: el fenómeno observado por Zeeman, en 1896. Este autor, sirviéndose de un retículo de Rowland, comprobó cómo el influjo de un fuerte imán cambiaba el espectro de una fuente luminosa (1).

El lector debe imaginarse la complejidad y delicadeza de este experimento. Basta enunciar algunos detalles. Uno de los retículos cóncavos contruídos por Rowland contiene 800 rayas por milímetro y permite distinguir rayas espectrales cuya distancia es de $0,0000003 \mu$ o sea $\frac{1}{200}$ de la distancia entre las rayas D_1 y D_2 del sodio (2). Para construir la máquina que efectúa el reticulado las precauciones son enormes. En lo que respecta a su funcionamiento baste decir que debe realizarse a oscuras, con una temperatura constante y en un lugar exento de toda trepidación (3).

Surge, pues, en razón misma de la dificultad de las experiencias la necesidad de un control riguroso, muy difícil de realizar.

Pero fuera de este aspecto de apreciación cuantitativa fina, que distingue en parte el hecho científico del hecho bruto, encontramos, en el fenómeno de Zeeman, cómo la constatación sensorial no tiene valor en sí misma sino asociada con definiciones, principios y teorías referentes a la luz y al magnetismo y, en general, a toda la física.

Lo que se ha dicho en este caso vale para cualquier hecho científico: una experiencia completa implica una síntesis de sensaciones (cuya coordinación inmediata llamaremos hecho bruto) con un caudal inmenso de convenciones e inferencias, muchas veces hipotéticas. Léase, para corroborar estas consideraciones, lo que dice Plummer (4) a propósito de las experien-

(1) Sobre este experimento y cuestiones conexas véase: P. ZEEMAN, *Les lignes spectrales et les théories modernes de la physique*, en *Scientia*, año XV, 1, I, 1921.

(2) BATELLI E CARDANI, *Fisica sperimentale*, volumen II, página 581.

(3) ZEEMAN, *op. cit.*

(4) H. C. PLUMMER, *La position actuelle de la mécanique celeste*, en *Scientia*, 1, I, 1921.

cias astronómicas con que se quiere establecer la teoría de la relatividad.

Un análisis detenido del hecho científico es, pues, la condición fundamental para validar una teoría, así como el estudio de su coherencia lógica. Al lado de estos dos criterios básicos podría invocarse como un signo de valor en un sistema físico su simplicidad, es decir, su establecimiento según un *mínimum* de elementos en relaciones matemáticas más simples. Además podría considerarse quizá como una cualidad no despreciable la adaptación del sistema a nuestra intuición de las cosas.

V

Para interpretar una teoría es necesario estudiarla según el nexo evolutivo. En el caso especial de la concepción de Einstein habrá, pues, que considerar sintéticamente la evolución de la mecánica desde la época en que se constituyó, según los principios de Galileo y Newton. Si se atiende a la parte conceptual, que es la que interesa en este caso, se encontrará como base de capital importancia, el conjunto de discusiones referentes a la posibilidad o no de admitir una acción a distancia, es decir, la interacción física sin contacto material y sin un medio de comunicación. Newton consideraba esto como un absurdo (1) y sin embargo su teoría de la gravitación, elaborada y extendida por sus discípulos, desde Cotes y Boscovich hasta Kant y Laplace, debe entenderse como una acción de centros de fuerzas actuando a distancia. Es curioso observar cómo, bastante tiempo después, cuando el descubrimiento de las interferencias y otros fenómenos luminosos parecía exigir la necesidad de un medio — el éter — y cuando los hombres de ciencia admitieron como

(1) « Que la gravedad sea innata, inherente y esencial a la materia, de tal suerte que un cuerpo obre sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de algo por el cual la acción y la fuerza sean transmitidos del uno al otro, me parece un absurdo tan grande, que es imposible, creo, que pueda arraigar en el espíritu de ningún hombre que posea alguna competencia en filosofía. » (NEWTON, *Carta a Bentley*, en S. Mill. *Logique*, vol. II, pág. 317, trad. de Peisse.)

un postulado la imposibilidad de una acción a distancia, Stuart Mill dedicaba dos páginas de su *Lógica* a afirmar que en esa negación no hay más que un simple sofisma, una prueba de falta de competencia filosófica...

La cuestión es de importancia suma para comprender la teoría de la relatividad. La acción newtoniana a distancia y con velocidad infinita queda substituída por la acción con la velocidad de la luz, es decir, finita (1).

Pero si se admite una comunicación real entre dos elementos, cabe siempre elegir entre la emisión corpuscular (tal como Newton en su teoría de la luz) o la concepción de un medio elástico cuyas deformaciones se transmiten por una acción de avance gradual. El éter no existe para Einstein, es decir, el éter dotado de propiedades mecánicas tal como lo concibieron Fresnel, Maxwell o Clausius (2). De modo que en sus teorías hay una especie de retorno a la hipótesis emisiva (3). Ya Lorentz había transformado tanto la concepción del éter, que Einstein afirma jocosamente que la única propiedad del éter lorentziano es el ser inmóvil (4). Y aun esta propiedad él se la quita.

Paralelamente a la evolución de estos conceptos deben estudiarse los de masa, materia, energía, etc., los de continuidad y discontinuidad hasta llegar a la hipótesis de los quanta, tan concordante con la doctrina de la relatividad. En este estudio sintético de la evolución de la física convendrá detenerse principalmente en Maxwell cuyas célebres ecuaciones son el punto de origen de todos los progresos ulteriores (5). Asimismo con-

(1) EINSTEIN, *La théorie de la relativité*, etc., página 41.

(2) Sobre las críticas que dirige la relatividad al éter, véase EINSTEIN, *L'éther et la théorie de la relativité*, traducción de M. Solovine, París, 1921, Gauthier-Villars.

(3) ROUGIER, *op. cit.*, página 47, cita el siguiente párrafo de Einstein : « Los campos eléctricos y magnéticos que constituyen la luz, no aparecen más como estado de un medio hipotético sino como realidades individuales que las fuentes luminosas envían en el espacio, en el sentido de la emisión de Newton. »

(4) EINSTEIN, *L'éther et la théorie etc.*, página 8.

(5) He aquí algunas de sus obras : *Traité d'électricité et de magnétisme*, traducción francesa de Seligmann Lui, 1885, Gauthier-Villars ; *Action at a*

viene estudiar a Lorentz, en el cual ya existen, aunque en forma fragmentaria, las características de la teoría de la relatividad (tiempo local, contracción lineal, fórmulas de transformación, etc.) (1).

Una excelente guía para apreciar la historia de las concepciones físicas se encuentra en Duhem, *L'évolution de la mécanique*.

VI

« Einstein ha demostrado que es necesario... emplear fórmulas no euclidianas en la exposición de las relaciones de espacio en la física para poder conservar esa enorme simplificación que posee, en principio, la concepción de la naturaleza, y que ahora se presenta bajo la forma de la teoría general de la relatividad (2). »

Como la tradición euclídea se aplica a un espacio geométrico que corresponde al intuído por nuestra sensibilidad y como éste lo imaginamos de tres dimensiones y sin límites, utilizar formas no euclídeas, en este caso, será negar o el concepto tridimensional o el de ilimitación.

Efectivamente dos puntos de las nuevas geometrías son utilizados en especial por la teoría de la relatividad :

a) Definición hecha por Riemann de un espacio no euclídeo de tres dimensiones que se caracteriza por ser a la vez limitado e infinito (3);

distance; Matter and Motion; Theory of heat, London, 1872, segunda edición.

La obra de Maxwell está indisolublemente unida a la de Faraday, de quien tomó la concepción fundamental de las líneas de fuerza, contraria a la de las fuerzas actuantes a distancia.

(1) H. A. LORENTZ, *Sur la théorie des électrons*, París, 1905; *Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern*, Leyde, 1895.

(2) M. SCHLICK, *op. cit.*, página 52.

(3) Véase el tema desarrollado en EINSTEIN, *La géométrie et l'expérience*, traducción M. Solovine, París, 1921, Gauthier-Villars. Para un estudio del espacio de Riemann y otras concepciones no euclidianas, véase ROBERTO BONOLA, *La geometria non euclidea*, Bologna, 1906, Zanichelli.

b) Definición hecha por Minkowski de un espacio cuatridimensional en el cual el tiempo sería una coordenada homogénea con respecto a las otras tres cartesianas.

La forma *a* es utilizada para concebir geoméricamente el universo como un todo; la forma *b* para expresarlo fenoménicamente.

Como se ve, todo esto para ser claramente entendido exige un gran esfuerzo de reflexión. En primer término, nuestra intuición de espacio, como forma de la sensibilidad (según Kant) o como *empty form* (según Spencer) adquirida por abstracción en el curso de experiencias empíricas ancestrales, nada nos sirve en este caso. Más aún, quizá sea *aquello* que se opone más a aceptar los puntos de vista nuevos.

La intuición empírica, en cambio, es puesta a contribución por los relativistas para aclarar sus concepciones, pero la experiencia del lector le demostrará que con ello poco obtiene.

Más útil es buscar una interpretación conceptual.

A un espacio no euclídeo no puede corresponderle una intuición. Le corresponderá entonces un concepto, es decir, un complejo de cualidades o propiedades. Comprender, por ejemplo, el espacio esférico de Riemann no es intuirlo, cosa imposible ni aun por comparación con el euclidiano, sino enumerar las propiedades en él, de sus elementos.

Esta y otras cuestiones análogas podrían estudiarse en la siguiente serie :

a) Concepción newtoniana del espacio, como algo independiente de nosotros, absoluto, homogéneo, continuo e infinito; continente de todos los fenómenos pero sin relación alguna con éstos (1);

b) Concepción kantiana (2);

c) Análisis del concepto de dimensión. Ver si es algo que se impone a nuestra conciencia, o si la mente lo crea, según sus necesidades para explicar determinados fenómenos, guiada nada más que por el criterio de economía y utilidad, en el sentido de

(1) Véase ROUGIER, *op. cit.*, página 77.

(2) *Critique de la raison pure*, traducción de Barni, especialmente *Esthétique transcendente*.

hallar concepciones y fórmulas interpretativas simples. Análisis de la concepción del *continuum* homogéneo de Poincaré (1);

d) Ver en qué sentido se inclinan los datos de la psicología;

e) Establecer el punto de vista matemático puro, y ver si se reduce a simple vinculación lógica, y si como tal está absolutamente separado de la realidad empírica y aun de la intuición espacial (2); efectuar una breve revisión histórica a partir del momento en que se creyó inútil dar realidad a los postulados de la geometría (3).

VII

El principio de la relatividad halla sus primeras aplicaciones en la mecánica, cuyos postulados se encuentran a cada paso en las distintas ramas de la física. De aquí que sea un trabajo indispensable familiarizarse con las magnitudes básicas, tales como las concibe la física clásica, así como sobre la posibilidad de su medida, y a la vez estudiar ciertas cuestiones conexas :

a) Definición de intervalo de tiempo; noción de simultaneidad; medida del tiempo;

b) Intervalo de espacio, distancia de dos puntos; longitud;

c) Movimiento absoluto y relativo;

d) Sistemas de referencia; posibilidad de concebir dos o más sistemas para expresar un mismo fenómeno; coordenadas y cambio de coordenadas;

e) Caso de dos sistemas en movimiento relativo;

f) Nociones de masa, materia y energía como invariantes;

g) Noción de fuerza, de velocidad variable, etc., etc.

(1) POINCARÉ, *El valor de la ciencia*, capítulo III. « En este *continuum* primitivamente amorfo, se puede imaginar un tejido de líneas y de superficies y se puede convenir en seguida en considerar las mallas de este tejido como iguales entre sí. Solamente después de esta concepción adquiere el *continuum* la cualidad de ser mensurable, transformándose en el espacio euclidiano o en el espacio no-euclidiano... » (pág. 57).

(2) O sea la cuestión planteada por Kant : si los juicios matemáticos son analíticos o sintéticos. KANT, *Critique*, etc., tomo I, página 46, etc., edición citada.

(3) BONOLA, *op. cit.*

Todas estas cosas se encuentran en cualquier buen manual de mecánica; pero el estudioso debe intentar corroborarlas con ejemplos de su experiencia personal (1).

VIII

¿ Puede prescindir, el filósofo, de estudiar una teoría de tanto alcance como lo es la de la relatividad? Sin duda alguna, no. Trátase de una concepción revolucionaria que altera las bases mismas de la ciencia clásica. « Esta mecánica nueva — dice Marcelo Boll (2) — ha modificado profundamente las concepciones tradicionales del espacio y tiempo, ha destruido el carácter absoluto de la mecánica clásica, puesto que ésta no puede aplicarse más que a los cuerpos que tienen velocidad pequeña con relación a la velocidad de la luz (3). »

Así, aun cuando la teoría de la relatividad no tuviera consecuencias notables en el campo estrictamente filosófico, cosa que a juzgar por el crecido número de publicaciones al respecto (4) no es exacto, aun en ese caso habrá conveniencia en abondarla, si nos permitimos utilizar a cada momento las nociones de conservación de la energía, de entropía, etc., o si creemos que Kant o Spencer no han dicho la última palabra sobre espacio y tiempo...

ALFREDO FRANCESCHI.

(1) La pequeña obrita de Maxwell que hemos citado, *Matter and Motion*, es una excelente guía para el estudio de tales nociones.

(2) Conferencia dada en la Escuela de altos estudios de París, traducida y publicada en *Revista de ciencias económicas*. año II, números 19-20, Buenos Aires.

(3) Otros autores no dan tanta importancia — por ejemplo, el astrónomo Plummer en el artículo ya citado — a las conclusiones de la teoría de la relatividad: « Una revolución... ha sido anunciada por comentadores superficiales y poco autorizados de la teoría de la relatividad... Nada podría ser menos verdadero. La ley newtoniana de la gravitación es la llave maestra de la mecánica celeste, y tal cual se la acepta es incompatible con las exigencias de la teoría de la relatividad general... » (*op. cit.*).

(4) Especialmente WILDON CARR, *The general principle of relativity in its philosophical and historical aspects*, M. Millan, 1920.